

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

68-2-46

Première édition
First edition
1982-01

**Essais fondamentaux climatiques
et de robustesse mécanique**

Deuxième partie: Essais

Guide pour essai Kd: Essai à l'hydrogène sulfuré
pour contacts et connexions

Basic environmental testing procedures

Part 2: Tests

Guidance to test Kd: Hydrogen sulphide test for
contacts and connections



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 68-2-46: 1982

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraires

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraires et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraires à utiliser en électrotechnique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

68-2-46

Première édition
First edition
1982-01

**Essais fondamentaux climatiques
et de robustesse mécanique**

Deuxième partie: Essais

Guide pour essai Kd: Essai à l'hydrogène sulfuré
pour contacts et connexions

Basic environmental testing procedures

Part 2: Tests

Guidance to test Kd: Hydrogen sulphide test for
contacts and connections

© CEI 1982 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé,
électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les
microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized
in any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Hydrogène sulfuré dans l'atmosphère	6
3. Objet et domaine d'application de l'essai	8
4. Paramètres de l'essai	10
4.1 Concentration en hydrogène sulfuré	10
4.2 Humidité relative	12
4.3 Température	12
4.4 Débit	12
4.5 Durée de l'essai	12
4.6 Eclairement	12
4.7 Contrôle des conditions d'essai	14
5. Sévérité de l'essai	14
6. Evaluation des résultats	16
7. Notes pour l'utilisateur de l'essai et pour les rédacteurs de spécifications	16
FIGURE	20
RÉFÉRENCES	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Hydrogen sulphide in the atmosphere	7
3. Object and scope of the test	9
4. Parameters of the test	11
4.1 Concentration of hydrogen sulphide	11
4.2 Relative humidity	13
4.3 Temperature	13
4.4 Flow rate	13
4.5 Test duration	13
4.6 Illumination	13
4.7 Control of test conditions	15
5. Severity of the test	15
6. Evaluation of results	17
7. Notes for the user of the test and for authors of specifications	17
FIGURE	21
REFERENCES	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

Deuxième partie: Essais — Guide pour essai Kd: Essai à l'hydrogène sulfuré pour contacts et connexions

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 50B: Essais climatiques, du Comité d'Etudes n° 50 de la CEI: Essais climatiques et mécaniques.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Paris en 1979. A la suite de cette réunion, un projet, document 50B(Bureau Central)216, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1980.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Israël
Australie	Italie
Belgique	Norvège
Brésil	Nouvelle-Zélande
Bulgarie	Pays-Bas
Canada	Pologne
Corée (République de)	Royaume-Uni
Corée (République démocratique populaire de)	Suède
Egypte	Suisse
Espagne	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Hongrie	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications nos 68-2-42: Deuxième partie: Essais — Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions.

355: Une approche des problèmes posés par les essais accélérés en atmosphère corrosive.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

Part 2: Tests—Guidance to Test Kd: Hydrogen sulphide test for contacts and connections

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 50B: Climatic Tests, of IEC Technical Committee No. 50: Environmental Testing.

A first draft was discussed at the meeting held in Paris in 1979. As a result of this meeting, a draft, Document 50B(Central Office)216, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1980.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	New Zealand
Brazil	Norway
Bulgaria	Poland
Canada	South Africa (Republic of)
Czechoslovakia	Spain
Egypt	Sweden
Finland	Switzerland
Hungary	Turkey
Israel	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Korea (Democratic People's	United Kingdom
Republic of)	United States of America
Korea (Republic of)	

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 68-2-42: Part 2: Tests—Test Kc: Sulphur Dioxide Test for Contacts and Connections.

355: An Appraisal of the Problems of Accelerated Testing for Atmospheric Corrosion.

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

Deuxième partie: Essais — Guide pour essai Kd: Essai à l'hydrogène sulfuré pour contacts et connexions

1. Introduction

Un comportement satisfaisant des contacts et des connexions pendant la durée de vie souhaitée dépend de plusieurs paramètres dont certains sont liés à la conception (type, matériaux, forces) et d'autres à l'environnement dans lequel ils doivent fonctionner. Pour les effets de l'environnement, une attention particulière doit être réservée aux substances polluantes — en général en très faible quantité — contenues dans l'atmosphère.

L'argent et quelques-uns de ses alliages sont particulièrement susceptibles de se ternir sous l'effet des quantités minimales d'hydrogène sulfuré qui sont présentes dans beaucoup d'environnements. Le produit de ternissement est sombre et est constitué principalement de sulfures d'argent β .

Les connexions électriques non fixes utilisant ces métaux comme matériaux de contact peuvent, en conséquence, accuser un accroissement de résistance de contact et du bruit de contact.

2. Hydrogène sulfuré dans l'atmosphère

L'hydrogène sulfuré est obtenu à partir de la réduction bactérienne des sulfates dans la végétation, le sol, l'eau stagnante et les déchets d'animaux. Dans l'atmosphère, il s'oxyde pour former de l'anhydride sulfureux que la pluie précipite sur le sol. Dans les endroits où le sol est aérobie, les bactéries transforment l'anhydride sulfureux en sulfate. Lorsque les matières organiques en putréfaction créent des conditions anaérobies, les bactéries qui réduisent les sulfates complètent le cycle et transforment le sulfate en hydrogène sulfuré qui constitue la principale source naturelle de soufre de l'atmosphère. C'est donc un polluant très répandu dans l'air.

L'anhydride sulfureux s'accumulera dans l'atmosphère en l'absence de pluie. Dans les zones urbaines, la combustion de carburants fossiles libère l'anhydride sulfureux dans l'atmosphère. Sa teneur, qui peut être de 10 fois à 1 000 fois celle de l'hydrogène sulfuré, en fait la cause principale de corrosion. A concentration égale, l'hydrogène sulfuré est le plus corrosif des deux produits, particulièrement sur l'argent et le cuivre (voir Publication 68-2-42 de la CEI: Deuxième partie: Essais — Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions).

Bien que la source principale, dans le cycle du soufre, soit fournie par l'hydrogène sulfuré à travers les processus naturels, les processus industriels peuvent également jouer un rôle. Les raffineries, les usines chimiques, les cokeries sont également des sources possibles. Des concentrations atmosphériques de 1 ppb à 30 ppb (parties par milliard en volume) se rencontrent couramment. En beaucoup d'endroits, les valeurs extrêmes excèdent cette limite et des concentrations beaucoup plus fortes sont présentes à proximité des sources. Le tableau I, page 16, illustre une distribution statistique typique de mesures de concentration en hydrogène sulfuré. Le tableau II, page 18, donne la liste des concentrations représentatives à différents endroits. Ces niveaux sont suffisants pour aboutir au ternissement naturel de l'argent. D'autres polluants sulfurés sont beaucoup moins importants.

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

Part 2: Tests—Guidance to Test Kd: Hydrogen sulphide test for contacts and connections

1. Introduction

Satisfactory performance during the desired lifetime of contacts and connections depends on many parameters, some of them determined by their design (type, materials, forces, etc.) and others by the environment in which they have to function. Concerning the effects of the environment, special attention must be paid to the polluting substances contained—usually in very small amounts—in the atmosphere.

Silver and some of its alloys are peculiarly susceptible to tarnishing by the minute quantities of hydrogen sulphide that occur in many environments. The tarnish product is dark in colour and consists largely of β -silver sulphide.

Separable electrical connections employing these metals as contact materials may therefore suffer from increased contact resistance and contact noise as a result.

2. Hydrogen sulphide in the atmosphere

Hydrogen sulphide is evolved by bacterial reduction of sulphates in vegetation, soil, stagnant water and animal waste. In the atmosphere it is readily oxidized to sulphur dioxide, which is brought to the ground by rain. Where the soil is aerobic, certain bacteria turn the sulphur dioxide to sulphates. When or where rotting organic matter generates anaerobic conditions, sulphate reducing bacteria complete the cycle and turn the sulphate to hydrogen sulphide, which is the principal natural sulphur input in the atmosphere. It is therefore a widespread pollutant in air.

Sulphur dioxide will accumulate in the atmosphere when it is not rinsed by rain. In urban areas burning of fossil fuels emits sulphur dioxide into the atmosphere. The content can be 10 times to 1.000 times that of hydrogen sulphide and becomes the dominant cause of corrosion. In equal concentration, hydrogen sulphide is the more corrosive of the two, particularly on silver and copper. (See IEC Publication 68-2-42: Part 2: Tests—Test Kc: Sulphur Dioxide Test for Contacts and Connections.)

Although the major input to the sulphur cycle is by hydrogen sulphide through natural processes, industrial processes also play a part. Oil refineries, chemical plants and gas works are all possible sources. Atmospheric concentrations of 1 ppb to 30 ppb (parts in 10^9 by volume) are commonly reported. At many sites peak values exceed this, and much higher concentrations are found close to sources. Table I, page 17, illustrates a typical statistical distribution of measurements of hydrogen sulphide concentration. Table II, page 19, lists representative concentrations at a range of sites. These levels are sufficient to account for the natural tarnishing of silver. Other sulphurous pollutants are much less important.

L'anhydride sulfureux a peu d'effet sur l'argent sauf si la concentration et l'humidité sont élevées; il développe alors un produit de ternissement qui est rarement observé en pratique. Les deux polluants organiques sulfurés les plus communs: le méthyl-mercaptan et le disulfure de carbone, ne ternissent pas l'argent. Quelques dérivés organiques sulfurés ternissent l'argent comme le fait le soufre brut à l'état de vapeur, mais ces produits ne se rencontrent en principe que dans un petit nombre d'environnements.

3. Objet et domaine d'application de l'essai

3.1 Types de contacts et de connexions

Cet essai étant spécifiquement conçu pour certains types de contacts et de connexions (autres que du type brasé ou soudé), une courte description de ces types de contacts et connexions a été considérée comme utile.

Les contacts et les connexions peuvent être divisés en deux sortes: permanents ou temporaires. Dans les deux cas, les surfaces métalliques sont maintenues ensemble par une force externe.

Dans les cas de connexions permanentes, cette force est très grande et cause généralement une déformation permanente des métaux; il est possible qu'il y ait localement formation de microsoudures. De telles connexions ne sont pas destinées à être réalisées puis interrompues pendant leur utilisation. Les joints par sertissage et les joints par connexions enroulées sans soudure sont des exemples de connexions permanentes.

Pour les connexions temporaires, la force maintenant les métaux en contact est relativement faible; elles sont conçues normalement pour être réalisées et interrompues, si nécessaire, un grand nombre de fois au cours de leur utilisation. Les connecteurs, les commutateurs et les relais sont des exemples de connexions temporaires. Dans les connexions temporaires, les surfaces des métaux en contact les unes avec les autres sont, dans certains cas, appelées «contacts».

Les contacts ou zones de contacts dans les connexions temporaires peuvent être constitués de métaux variés suivant la fonction et l'application. Beaucoup de métaux, à l'exception des métaux précieux, sont affectés par la corrosion atmosphérique. Quand les matériaux de contact se corrodent, la résistance de contact augmente. L'usage généralisé de contacts en métal précieux serait coûteux; aussi est-il habituel, dans beaucoup d'applications, d'utiliser comme matériau de contact des alliages ou des revêtements de métaux précieux sur des métaux communs.

Dans le cas de joints permanents, il n'est pas habituel d'utiliser des métaux précieux et une certaine corrosion d'ensemble des surfaces externes par l'hydrogène sulfuré doit être envisagée. Mais dans un joint par sertissage ou par connexions enroulées sans soudure, correctement conçu et réalisé, la corrosion ne se produit pas entre les surfaces de contact du fait de la soudure à froid et de la pression élevée. Cependant, dans les joints qui ne sont pas réalisés correctement ou qui sont dégradés sous l'effet de chocs thermiques, les gaz corrosifs pénétreront entre les zones de contact avec, comme conséquence, un accroissement de la résistance de contact.

3.2 Objet de l'essai

L'essai est destiné à évaluer les conséquences du ternissement de l'argent et de quelques-uns de ses alliages. Il a été largement validé par des essais, en laboratoire et en exploitation, sur l'argent, et d'autres plus limités sur des composants avec contacts en alliages d'argent.

Sulphur dioxide has little effect on silver unless the concentration and humidity are high, and then it produces a tarnish product that is rarely found in practice. The two commonest organic sulphurous pollutants: methyl mercaptan and carbon disulphide do not tarnish silver at all. Some organic sulphur derivatives do tarnish silver, as does elemental sulphur vapour, but these materials probably occur only in a small minority of environments.

3. Object and scope of the test

3.1 *Types of contacts and connections*

As this test is specifically intended for certain types of contacts and connections (other than those of the welded or soldered type), a short description of these types of contacts and connections is considered to be useful.

Contacts and connections may be divided into two types and could be described as permanent or temporary. In both cases, metal surfaces are held together by an external force.

In the case of permanent connections, the force is very great and will usually cause permanent deformation of the metals and it is possible that a form of local welding takes place. Such connections are not intended to be made and broken during their lifetime. Examples of permanent connections are crimp and wrap joints.

With temporary connections, the force holding the metals in contact is by comparison light and they are of course designed to be made and broken possibly very many times during their lifetime. Examples of temporary connections are: connectors, switches and relays. In temporary connections the areas of metal which make contact with each other are in some cases referred to as contacts.

The contacts or contact areas in temporary connections will be made of various metals according to duty and application. Most metals—with the exception of precious metals—suffer from atmospheric corrosion. When contact materials corrode, contact resistance increases. The extensive use of precious metal contacts would be costly, so it is common in many applications to use precious metal alloys or coatings of precious metal or alloys over base metals for contact materials.

In the case of permanent joints, it is not normal to use precious metals and some general corrosion of external surfaces by hydrogen sulphide must be expected. But, in a properly designed and made crimp or wire wrap joint, corrosion does not occur between the contact surfaces due to the cold weld and high pressure. However, in joints that are poorly made or weakened as a result of thermal cycling, corrosive gas will penetrate into those contact areas with a resultant increase in contact resistance.

3.2 *Object of the test*

The test has been devised to assess the consequence of tarnishing of silver and some of its alloys. It has been largely validated by laboratory and field tests on silver, though limited tests have also been carried out on components with contacts of some silver alloys.

Quand cet essai de ternissement est appliqué à des spécimens comportant différents matériaux de contact, les conditions d'essai peuvent alors donner lieu à des accélérations différentes (voir article 5). L'habitude et des expérimentations nombreuses peuvent être nécessaires pour évaluer des résultats comparatifs. Les alliages de contact en argent-palladium représentent un cas où l'essai est approprié mais où de telles précautions sont requises.

Quand l'essai est utilisé pour des contacts et des connexions contenant de l'argent et des alliages d'argent, simultanément avec d'autres matériaux, on considère que les résultats obtenus avec ceux qui contiennent à la fois de l'argent et un métal précieux sont plus réalistes qu'avec ceux qui sont formés d'alliages (ou de structures) contenant une quantité non négligeable de métaux non nobles. Les cas suivants sont donnés à titre d'exemples:

- Les contacts en or ne sont pas dans une large mesure, affectés par l'essai.
- Les contacts constitués de couches d'or sur argent ou de contacts en or à proximité immédiate d'argent, seront affectés par suite du phénomène de migration du sulfure d'argent. Ces effets sont assez représentatifs de ce qui se passe en pratique dans ce cas.
- Le cuivre et les alliages contenant du cuivre en fortes proportions (tels que le bronze au phosphore ou le laiton) sont fortement ternis dans l'atmosphère d'essai à cause de la formation de sulfures de cuivre. Cependant ce type de ternissement prédomine rarement en pratique, où la formation d'oxydes inhibe la formation de sulfures; donc si l'on souhaite que le ternissement observé soit similaire à celui qui se produit naturellement, l'essai n'est pas adapté.

4. Paramètres de l'essai

Cet essai est destiné aux contacts et connexions principalement constitués d'argent et d'alliage d'argent (voir article 3); le critère de bon comportement ou de défaillance adopté est la résistance de contact. Les conditions d'essai doivent donc produire une zone d'altération dont l'effet sur la résistance de contact soit similaire à celui des couches observées naturellement. Dans le même temps, l'essai devra accélérer la croissance de la zone d'altération. Malheureusement, ces deux exigences ont tendance à être contradictoires car les zones d'altération qui se forment rapidement tendent à être plus molles et moins adhérentes que celles qui se produisent naturellement. Un compromis doit être trouvé entre l'accélération (obtenue par accroissement de la concentration en agent polluant et de l'humidité) et un comportement réaliste de la résistance de contact.

Cet essai réclame l'utilisation de la plus haute concentration en hydrogène sulfuré et la plus haute humidité relative compatibles avec un comportement réaliste de la résistance de contact.

Les principaux paramètres de l'essai sont:

- concentration en hydrogène sulfuré;
- humidité relative;
- température;
- débit;
- durée de l'essai;
- éclairage.

4.1 Concentration en hydrogène sulfuré

L'expérience sur l'argent indique qu'au-dessus d'une concentration de 15 ppm, les dépôts deviennent mous et leur aspect s'éloigne de la réalité. En fait, le taux d'altération étant peu sensible à la concentration en hydrogène sulfuré, il n'y a pas lieu d'utiliser de plus hautes concentrations.

When the same tarnish test is appropriate to test specimens containing different contact materials, then the test conditions may give rise to different accelerations (see Clause 5), and considerable experience and experimentation may be required to assess relative results. Contact alloys of silver and palladium represent a case where the test is appropriate but where such care is required.

When the test is used for contacts and connections involving silver alloys and silver in conjunction with other materials the test is expected to give more realistic results for those involving silver together with a more precious metal than it will for silver alloys (or structures) involving significant quantities of base metals. The following cases are given by way of example:

- Gold contacts are largely unaffected by the test.
- Contacts involving gold layers over silver or gold contacts in the close proximity of silver will be affected owing to the phenomena of creeping silver sulphide. Both these effects are true reflections of field behaviour.
- Copper and alloys containing a high percentage of copper (such as phosphor bronze or brass) are heavily tarnished in the test atmosphere owing to the formation of copper sulphides. However, this type of tarnishing rarely predominates in practice, where oxide formation inhibits sulphide growth. Hence the test is inappropriate in these cases, if the tarnishing behaviour is required to resemble that occurring naturally.

4. Parameters of the test

This test is for contacts and connections primarily made of silver and silver alloys (see Clause 3), and the criteria of success or failure adopted is that of contact resistance. The test conditions must therefore produce a tarnish layer whose effect on contact resistance is similar to that of naturally grown layers. At the same time the test should accelerate tarnish film growth. Unfortunately, these two requirements tend to be conflicting, since rapidly grown tarnish layers tend to be softer and less adherent than those grown naturally. A compromise must be struck between acceleration (achieved by increasing pollutant concentration and humidity), and realistic contact resistance behaviour.

The present test aims to use the highest hydrogen sulphide concentration and relative humidity that is compatible with realistic contact resistance behaviour.

The major parameters of the test are:

- concentration of hydrogen sulphide;
- relative humidity;
- temperature;
- flow rate;
- test duration;
- illumination.

4.1 *Concentration of hydrogen sulphide*

Experience on silver indicates that above 15 ppm, hydrogen sulphide deposits become unrealistically soft. In fact, the rate of tarnishing is not very sensitive to hydrogen sulphide concentration, so there is little advantage in using higher concentrations.

Les concentrations très faibles peuvent créer des difficultés dues à l'adsorption sur les parois de l'équipement et à des contraintes concernant la circulation d'air locale autour des spécimens en essai. L'accélération peut également être trop faible pour certains types de spécimens (voir article 5).

4.2 *Humidité relative*

La réaction de ternissement est sensible à de très petites variations de l'humidité. La corrosion est faible en dessous de 70% h.r. (humidité relative), tandis qu'au-dessus de 85% d'humidité relative, on met en évidence un accroissement rapide du ternissement; mais les dépôts formés ne sont plus du tout comparables à ceux qui se produisent en pratique. Des aiguilles de sulfure d'argent apparaissent, ce qui tend à prouver qu'une condensation par capillarité peut se produire à 85% h.r. Pour cette raison, pendant toute la durée de l'essai, l'humidité doit être contrôlée et maintenue dans les limites spécifiées. Toutes méthodes connues pour la détermination de l'humidité relative peuvent être employées pourvu que les tolérances spécifiées soient respectées, avec une précision suffisante. Les méthodes par psychrométrie ont été considérées comme satisfaisantes.

4.3 *Température*

Au-dessus de 30 °C, les mécanismes de corrosion tendent à se modifier, tandis qu'à plus basse température le temps d'essai augmenterait de façon prohibitive. La température de 25 ± 2 °C est le compromis le plus satisfaisant. Un contrôle strict de la température est nécessaire pour être sûr que l'humidité relative est bien située à l'intérieur des limites spécifiées.

4.4 *Débit*

Un courant continu de gaz à travers la chambre d'essai est utilisé de telle façon que la concentration en hydrogène sulfuré soit maintenue constante et ne soit pas réduite par l'adsorption des surfaces situées à l'intérieur de la chambre d'essai. Une vitesse relative de valeur située à l'intérieur des limites spécifiées est requise entre l'atmosphère et les spécimens en essai et est obtenue soit en déplaçant les spécimens, soit en agitant l'atmosphère dans la chambre d'essai. Cela évite une réduction de la concentration localement à l'intérieur de la chambre d'essai, due à des poches d'air stationnaires. Des précautions appropriées doivent être prises pour permettre à un flux d'air de circuler autour des spécimens en essai dans la chambre et pour ne pas surcharger la chambre. Ces précautions sont nécessaires pour que tous les spécimens subissent un traitement uniforme pendant toute la durée de l'essai.

4.5 *Durée de l'essai*

Le ternissement dû à l'exposition à l'atmosphère d'essai et la dégradation des contacts en essai augmentent avec la durée de l'exposition, bien que cet accroissement ne soit généralement pas proportionnel au temps d'exposition. Néanmoins, différentes sévérités de l'essai peuvent être obtenues en augmentant le temps d'exposition comme il est prévu à l'article 5 suivant et à la figure 1, page 20, par exemple.

4.6 *Eclairage*

Il est connu que le ternissement de l'argent se développe plus vite en zone fortement éclairée que dans l'obscurité. Pour cette raison, un niveau d'éclairage est spécifié dans l'essai. Ce niveau a été choisi de telle façon qu'il puisse être respecté dans une chambre d'essai en résine acrylique (placée loin de l'éclairage direct par la lumière du soleil et soumise à l'éclairage normal des locaux, naturel ou artificiel).

Very low concentrations may give rise to difficulties due to adsorption on the equipment walls and to strong dependences on the local air flow around the test specimens. The acceleration may also be too low for some types of test specimen (see Clause 5).

4.2 *Relative humidity*

The tarnish reaction is sensitive to quite small changes in humidity. Less corrosion may occur below 70% r.h. (relative humidity) while evidence suggests that above 85% r.h. the rate of tarnishing increases rapidly, but the tarnish deposits formed are not at all typical of those found in practice. Spike-like growth of silver sulphide is observed, suggesting that capillary condensation may occur at 85% r.h. For this reason, the humidity during the entire test must be carefully controlled between the limits specified. Any of the known methods for determination of relative humidity may be used, provided that they can measure the specified tolerances with sufficient accuracy. Wet and dry bulb methods have been found satisfactory.

4.3 *Temperature*

At temperatures above 30 °C, there is again a tendency for the nature of the corrosion mechanism to change while at lower temperatures the test time would unduly increase. The temperature of 25 ± 2 °C is the most satisfactory compromise. Close control of temperature is necessary to enable the relative humidity to be held within the specified limits.

4.4 *Flow rate*

A continuous flow of gas through the test cabinet is used so that the concentration of hydrogen sulphide is maintained constant, and is not depleted as the gas is taken up by the adsorbing surfaces inside the test cabinet. A relative velocity within specified limits is required between the atmosphere and the test specimens and is obtained by moving the specimens or stirring the atmosphere in the test chamber. This is to avoid local depletion within the test chamber due to stationary air pockets. Reasonable care must be taken to ensure that air flow can take place around test specimens in the cabinet, and also to ensure that the cabinet is not overpacked. All these precautions are necessary in order to ensure that all specimens are given uniform treatment throughout the test period.

4.5 *Test duration*

The tarnishing brought about by exposure to the test atmosphere and the degradation of the tested contacts increase with the duration of the exposure, although the increase will generally not be proportional to the time of exposure. Nevertheless, different severities of the test can be obtained by lengthening the time of exposure, as set out in the following Clause 5 and Figure 1, page 21, as an example.

4.6 *Illumination*

It is known that silver tarnishes faster in bright illumination than it does in darkness. For this reason a level of illumination is specified in the test. This level has been chosen so that it may be attained inside an acrylic resin test cabinet (sited away from direct sunlight, but subject to normal natural or artificial illumination).

4.7 Contrôle des conditions d'essai

Le contrôle des conditions d'essai doit être strict afin de garantir des résultats reproductibles; le contrôle de l'humidité relative (voir paragraphe 4.2) et de la température (voir paragraphe 4.3) est d'une grande importance.

Un contrôle continu ou fréquent des conditions d'essai est souhaitable, il devra permettre avec certitude le maintien des paramètres d'essai pendant toute la durée de l'essai.

5. Sévérité de l'essai

Il est, en principe, impossible d'attribuer un facteur d'accélération unique à ces conditions d'essai parce que l'accélération produite dépend de l'assemblage et des matériaux constituant les spécimens en essai et de leurs conditions d'utilisation. Quelques règles générales, fondées sur l'expérience à ce jour, sont données ici à titre de guide. Ces règles deviendront plus complètes au fur et à mesure que l'expérience sur l'essai s'enrichira.

Les considérations suivantes sont valables lors de l'exploitation du résultat d'un essai ou lors du choix de la durée d'essai appropriée à un cas particulier.

Avec une surface de contact qui n'est pas protégée par un écran ou emboîtée et qui est exposée à une atmosphère en mouvement, un accroissement de concentration en hydrogène sulfuré dans l'atmosphère peut n'avoir qu'un effet relativement faible sur la vitesse de ternissement. En passant de 10×10^{-9} (concentration pouvant être rencontrée naturellement) à 15×10^{-6} (concentration lors de l'essai), il a été constaté que le degré de ternissement était multiplié par un facteur 10 ou moindre. Cela est illustré par la figure 1, page 20, qui compare les résultats dans les conditions d'essai mentionnées ci-dessus avec les résultats d'exposition réelle sur des spécimens de même type. Il apparaît que pour ces spécimens, l'accélération obtenue avec la méthode décrite ici est faible comparée à des environnements naturels plus sévères. Il faut noter que la figure 1 s'applique à des essais sur matériaux. Le facteur d'accélération pour les contacts dépendra aussi du type de contact.

Les contacts situés à l'intérieur de la plupart des spécimens en essai sont en général partiellement emboîtés ou protégés par un écran du fait de la structure du composant ou du sous-ensemble. Aux très faibles concentrations en hydrogène sulfuré qui se présentent naturellement, la vitesse de ternissement est alors limitée par le transfert massif de l'agent polluant, de l'environnement vers le contact (c'est-à-dire que la concentration en hydrogène sulfuré adjacente à la surface du contact est plus faible que dans l'atmosphère entourant le spécimen en essai).

En raison de l'existence d'une forte concentration en agent polluant, l'effet d'un emboîtement ou d'une protection partiels par un écran des surfaces de contact vis-à-vis de l'atmosphère d'essai est cependant beaucoup plus faible que dans les conditions réelles d'utilisation.

L'accélération produite dans l'essai est, comme noté plus haut, relativement faible pour des spécimens en essai contenant des contacts non protégés par un écran, parce que de tels spécimens se ternissent rapidement dans des atmosphères réelles contenant quelques 10^{-9} d'hydrogène sulfuré. L'accélération est cependant beaucoup plus forte pour les spécimens en essai contenant des contacts partiellement emboîtés ou protégés par un écran car ceux-ci se ternissent à une vitesse plus lente dans les environnements naturels.

4.7 *Control of test conditions*

A close control of test conditions is required in order to assure reproducible results; of special importance are control of relative humidity (see Sub-clause 4.2) and temperature (see Sub-clause 4.3).

A continuous or frequent monitoring of test conditions is desirable to ensure that the test parameters are maintained throughout the whole of the test period.

5. **Severity of the test**

It is, in principle, impossible to attach a unique acceleration factor to the test conditions. This is because the acceleration produced depends on the construction and materials present in the test specimens, and their conditions of use. Some general guidance based on experience to date is given here. This guidance should become more complete as experience with the test grows.

The following considerations apply when assessing the results of a test, or choosing the test duration appropriate to a particular case.

If a contact surface is not shielded or enclosed, and if it is exposed to a circulating atmosphere, then increasing the concentration of hydrogen sulphide in the atmosphere may have a relatively small effect on its rate of tarnishing. Increasing from 10 parts in 10^9 (which may occur naturally) to 15 parts in 10^6 (the test concentration) has been found to increase the rate of tarnishing by a factor of ten or less. This is illustrated in Figure 1, page 21, which compares laboratory tests under the above-mentioned conditions with field tests on the same type of specimens. It is apparent that for these specimens the acceleration obtained by the present test method is low compared with some severe field environments. It should be noted, that Figure 1 applies to test on materials. The acceleration factor for actual contacts will also depend on the type of contact.

The contacts inside most practical test specimens are normally partially enclosed or shielded by the structure of the component or sub-assembly. At the very low concentrations of hydrogen sulphide that occur naturally, the rate of tarnishing is then limited by the mass transport of the pollutant through the atmosphere to the contact (i.e. the hydrogen sulphide concentration adjacent to the contact surface is lower than that in the atmosphere surrounding the test specimen).

The effect of partially enclosing or shielding the contact surfaces against the *test* atmosphere is however very much less, due to the higher pollutant concentration.

The acceleration produced in the test is, as noted earlier, relatively low for test specimens containing unshielded contacts because such specimens would tarnish rapidly in real atmospheres containing a few parts in 10^9 of hydrogen sulphide. The acceleration is however much higher for test specimens containing partially enclosed or shielded contacts, since these would tarnish at a slower rate in field environments.

6. Evaluation des résultats

Le critère principal de l'effet de cet essai est la modification de la résistance de contact, tandis que l'aspect est de seconde importance. On doit se souvenir que la plupart des métaux et alliages pour lesquels l'essai est prévu se corrodent lors de cet essai et qu'une telle corrosion ne saurait surprendre. L'effet sera jugé sur la variation de la résistance de contact.

Lorsque des connexions permanentes du type serties ou enroulées sans soudure sont essayées, c'est la variation de résistance de la jonction qui doit être mesurée. S'il y a augmentation non négligeable de la résistance de contact, cela signifie que la jonction n'est pas étanche et de mauvaise qualité.

Lorsque des connexions temporaires sont essayées, les contacts peuvent être exposés enfichés ou désenfichés. Les contacts enfichés doivent être mesurés à la fin de la période d'exposition sans être déplacés, tandis que les contacts désenfichés doivent être enfichés une seule fois, puis mesurés.

Les contacts, auxquels cet essai est d'abord destiné, devant transporter des signaux à faible intensité-basse tension, il est nécessaire d'utiliser une méthode de mesure à faible intensité-basse tension (maximum 20 mV 50 mA) afin de ne pas détruire les films de produits de corrosion qui peuvent s'être formés.

7. Notes pour l'utilisateur de l'essai et pour les rédacteurs de spécifications

Cet essai fournit des moyens accélérés pour évaluer les effets de l'hydrogène sulfuré contenu dans l'atmosphère, sur les contacts et les connexions. Il est particulièrement utile comme essai comparatif. La relation entre les valeurs données par l'essai et les valeurs obtenues en exploitation est influencée par un grand nombre de facteurs et peut seulement être grossièrement estimée après quelques années d'expérience et sur la comparaison entre le comportement en essai et le comportement en exploitation.

On ne peut donc pas espérer que cet essai fournisse une détermination directe et exacte de la durée de vie en service réel des contacts ou connexions essayés, par rapport à une atmosphère naturelle donnée. Il va sans dire que l'essai n'est pas approprié en tant qu'«essai général de corrosion», c'est-à-dire pour prédire le comportement face à la corrosion d'un composant donné dans une atmosphère pour laquelle l'agent corrosif principal est autre que l'hydrogène sulfuré (se rapporter également à la Publication 355 de la CEI: Une approche des problèmes posés par les essais accélérés en atmosphère corrosive).

Par ailleurs, l'essai est extrêmement utile pour vérifier le comportement de lots de production, par rapport à celui de composants analogues. Il se peut qu'ultérieurement d'autres applications soient trouvées à cette méthode d'essai.

TABLEAU I

Exemple de distribution statistique de concentration en hydrogène sulfuré

(Quartier Oakland de Pittsburgh, d'après la référence 5)*

Dispersion (ppb)	Nombre d'échantillons
< 5	2 974
5 à 9	122
10 à 19	33
20 à 29	6
> 30	3

* Pour les références, voir page 22.

6. Evaluation of results

The main criterion of performance in this test is change of contact resistance while visual appearance is of secondary importance. It must be remembered that most metals and alloys—for which this test is designed—will tarnish in the test and such corrosion must be expected. Performance will be judged on the change in contact resistance.

While testing permanent connections of the crimp or wire wrap type, it is the change of resistance of the joint which is to be measured. If there is a significant increase in contact resistance, it is because the joint was not gas tight and it was a poor joint.

When testing temporary connections, the contacts may be exposed in the mated or unmated condition. Mated contacts must be measured at the end of the exposure period without being disturbed while unmated contacts must be mated once only and measured.

As the contacts for which this test is primarily designed are those intended to carry small current low voltage signals, it is necessary to use a low-voltage low-current measurement method (maximum 20 mV 50 mA) in order not to destroy films of corrosion products which may have formed.

7. Notes for the user of the test and for authors of specifications

This test provides accelerated means of assessing the effects of atmosphere containing hydrogen sulphide on contacts and connections. It is particularly useful as a comparative test. The relation between test values and service life is influenced by a large number of factors and can only be vaguely estimated after some years of experience with this test in comparison with behaviour in the field.

The test, therefore, cannot be expected to give a direct and exact determination of the actual service life of the tested contact or connection in any given natural atmosphere in practice. It is hardly necessary to state that the test is not suitable as a “general corrosion test” i.e. to predict the corrosive behaviour of a given component in atmosphere, the major corrosive agent of which is other than hydrogen sulphide (compare also IEC Publication 355: An Appraisal of the Problems of Accelerated Testing for Atmospheric Corrosion).

On the other hand, the test is very useful for checking the behaviour of production batches in comparison with the behaviour of analogous components. In the course of time other applications may be found for the test method.

TABLE I

An example of the statistical distribution of hydrogen sulphide measurements

(Oakland district of Pittsburgh, taken from Reference 5)*

Range (ppb)	Number of samples
< 5	2 974
5 to 9	122
10 to 19	33
20 to 29	6
> 30	3

* For references, see page 23.

TABLEAU II

*Concentrations représentatives d'hydrogène sulfuré (H_2S)
mesurées en différents endroits*

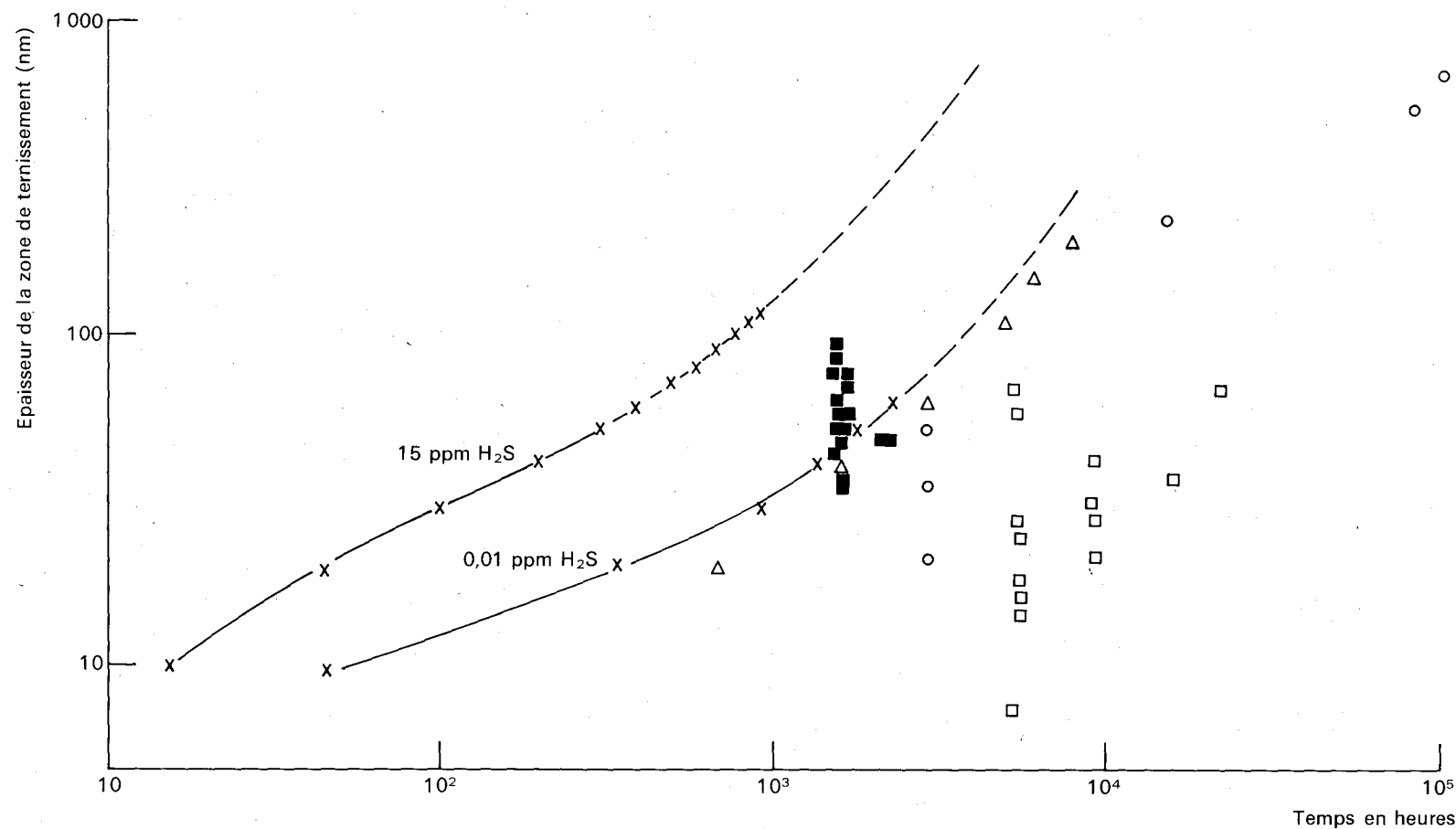
Références	Lieux	H_2S (ppb)	
		Moyenne	Maxima
1	New York (bureaux)	9	28
	New Jersey (usine chimique)	25	102
	New Jersey (raffinerie)	194	1 600
	Los Angeles (bureaux)	13	22
	Buffalo (fonderie)	74	120
	Alabama (usine de pâte à papier)	18	33
2	Londres (été)	0,1 à 0,5	
	Londres (hiver)	0,5 à 1	
	Londres (brouillard, décembre 1962)	5 à 10	33
3	Détroit	110	610
4	Pays-Bas (quatre sites)	85	724
5	Pittsburgh	5 à 10	> 30
6	Kitajimu, Shikoku Island (Japon)	100	
7	STL (Standard Electric Lorenz), Harlow, Essex (Royaume-Uni) (zone urbaine)	0,15	
8	Rotorua (Nouvelle-Zélande)	4 à 180	5 500
9	Londres (hiver)	0,2	
10	Rural (près de la mer)	0,1 à 0,3	
	Résidentiel calme	0,2 à 0,4	
	Carrefour en région urbaine	0,3 à 0,8	
	Centre ville embouteillé	0,5 à 1,4	
	Industrie lourde	1 à 60	

Galles du Sud-Est

TABLE II

*Representative concentrations of hydrogen sulphide (H_2S)
measured at a range of sites*

Reference	Site	H ₂ S (ppb)	
		Average	Peak
1	New York (offices)	9	28
	New Jersey (chemical plant)	25	102
	New Jersey (oil refinery)	194	1600
	Los Angeles (offices)	13	22
	Buffalo (foundry)	74	120
	Alabama (paper mill)	18	33
2	London (summer)	0.1 to 0.5	
	London (winter)	0.5 to 1	
	London (fog, December 1962)	5 to 10	33
3	Detroit	110	610
4	Netherlands (four sites)	85	724
5	Pittsburgh	5 to 10	>30
6	Kitajimu, Shikoku Island, (Japan)	100	
7	STL (Standard Electric Lorenz), Harlow, Essex (United Kingdom) (urban)	0.15	
8	Rotorua (New Zealand)	4 to 180	5 500
9	London (winter)	0.2	
10	Rural (near sea)	0.1 to 0.3	
	Quiet residential	0.2 to 0.4	
	Trunk road in urban area	0.3 to 0.8	
	Congested city centre	0.5 to 1.4	
	Heavy industry	1 to 60	



- Données d'essais de laboratoire (référence 12): x 15 ppm H₂S 75% h. r., +0,01 ppm H₂S 75% h. r. (extrapolé).
 Résultats d'exposition réelle (référence 11): ■ différentes villes des Etats-Unis d'Amérique sur des périodes de dix semaines.
 Résultats d'exposition réelle (référence 1): Δ séries de mesures à New York.
 Données d'essais STL (référence 12): ○ lieux divers, industriels et urbains.
 □ bord de mer légèrement industrialisé et estuaire avec industrie lourde (Royaume-Uni).

FIG. 1. — Cinétique de ternissement de l'argent à 75% h. r. comparée à des données obtenues sur site.

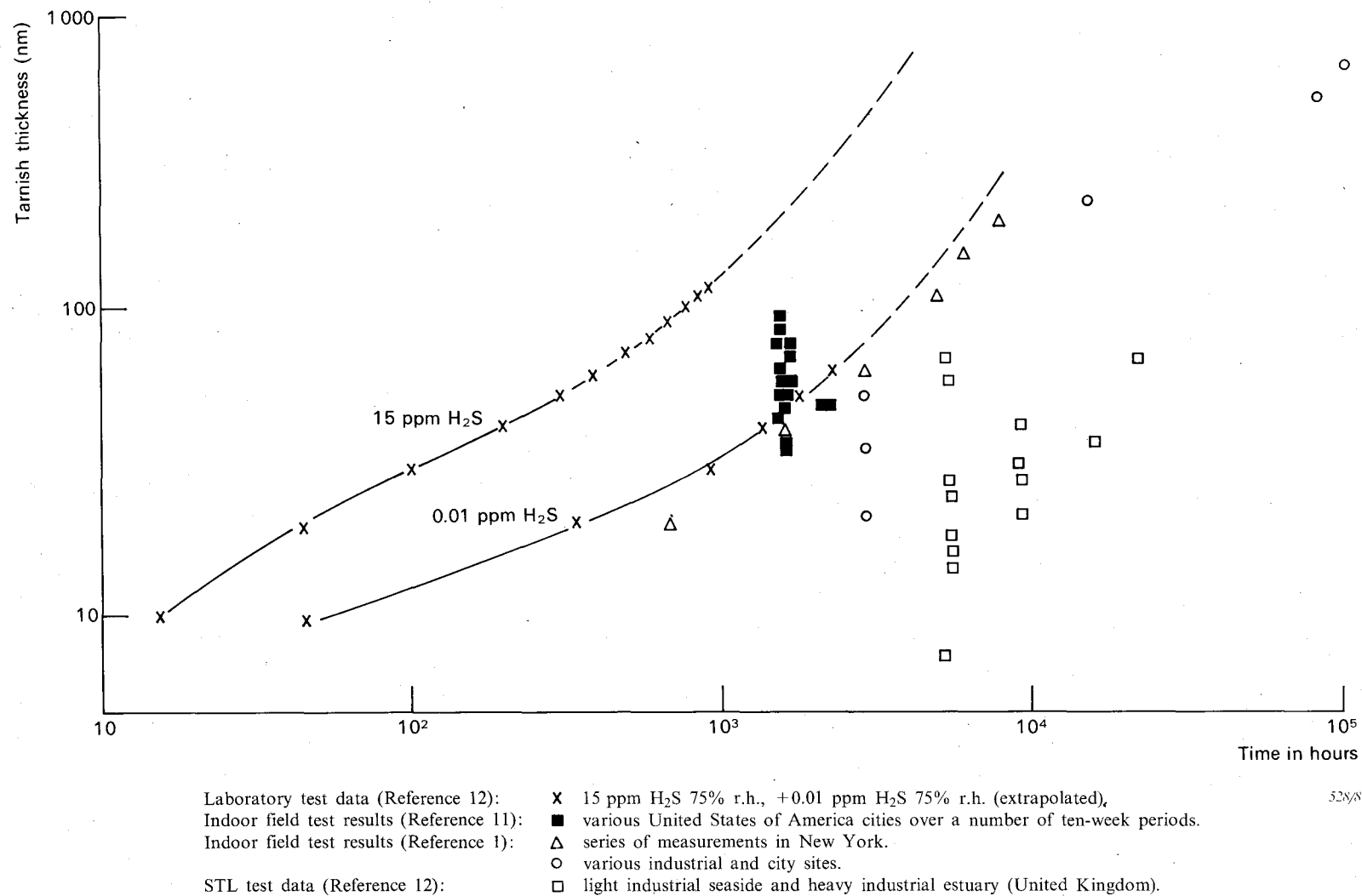


FIG. 1. — Tarnish kinetics of silver at 75% r.h. compared with field test data.

RÉFÉRENCES

dont sont extraites les données des tableaux I et II et de la figure 1

1. R. V. Chianrenzelli: *Proc. 3rd Symposium on Electric Contacts*, Université du Maine, 1966, et *Proc. Eng. Seminar on Electric Contacts*, Université du Maine, juin 1965, p. 65.
2. J. Minster: *Nature*, 3 août 1963, 199 (4892), p. 474.
3. M. Katz: *Air pollution*, OMS, Genève, 1961, p. 97.
4. J. Böeseken et H. O. Muller: *Rec. Trav. Chim.*, 13, 1931, p. 1117.
5. J. Sensenbaugh et al.: *Air Repair*, 4 (1), p. 5.
6. Inagaki et Emukai: *Review of El. Communications Laboratories*, vol. 20, nos 11-12, nov./déc. 1972.
7. W. A. Crossland et C. R. Wright: *ITT Technical Report STL*, 1164.
8. J. F. Elliot et A. G. Franks: *Systems Technology*, janv. 1969, p. 39.
9. A. R. Meetham: *Atmospheric Pollution, its Origins and Prevention*, 1952, Londres, Pergamon Press, p. 187.
10. A. P. Smith, D. E. Jenkins et D. E. Cunningsworth: *J. Appl. Chem.*, 11, sept. 1961, p. 137.
11. W. E. Campbell et U. B. Thomas: *Proc. Eng. Seminar on Electric Contact Phenomena*, Illinois Institute of Technology, Chicago, nov. 1968, p. 233.
12. W. A. Crossland, E. Knight et C. R. Wright: *Proc. 19th Holm Seminar on Electric Contacts*, III, Chicago, 1973, p. 265.

REFERENCES

from which the data in Tables I and II and Figure 1 have been taken

1. R. V. Chiarenzelli: *Proc. 3rd Symposium on Electric Contacts*, University of Maine, 1966, and *Proc. Eng. Seminar on Electric Contacts*, University of Maine, June 1965, p. 65.
 2. J. Minster: *Nature*, 3rd August 1963, 199 (4892), p. 474.
 3. M. Katz: *Air pollution*, WHO, Geneva, 1961, p. 97.
 4. J. Böeseken and H. O. Muller: *Rec. Trav. Chim.*, 13, 1931, p. 1117.
 5. J. Sensenbaugh *et al.*: *Air Repair*, 4 (1), p. 5.
 6. Inagaki and Emukai: *Review of El. Communications Laboratories*, Vol. 20, Nos. 11-12, Nov./Dec. 1972.
 7. W. A. Crossland and C. R. Wright: *ITT Technical Report STL*, 1164.
 8. J. F. Elliott and A. G. Franks: *Systems Technology*, Jan. 1969, p. 39.
 9. A. R. Meetham: *Atmospheric Pollution, its Origins and Prevention*, 1952, London, Pergamon Press, p. 187.
 10. A. P. Smith, D. E. Jenkins and D. E. Cunningsworth: *J. Appl. Chem.*, 11, Sept. 1961, p. 137.
 11. W. E. Campbell and U. B. Thomas: *Proc. Eng. Seminar on Electric Contact Phenomena*, Illinois Institute of Technology, Chicago, Nov. 1968, p. 233.
 12. W. A. Crossland, E. Knight and C. R. Wright: *Proc. 19th Holm Seminar on Electric Contacts*, III, Chicago, 1973, p. 265.
-

ICS 19.040
